

الفصل الثانى عشر

تحمل سمية الألومنيوم والحديد والمنجنيز فى الأراضى الحامضية

ترتبط مشكلة زيادة تركيز العناصر المعدنية ارتباطاً مباشراً بانخفاض الرقم الأيدروجينى للتربة فى الأراضى الحامضية. فمع انخفاض pH التربة عن ٥,٠ تتوفر تركيزات عالية من عدد من العناصر، أهمها الألومنيوم (الذى لا يعد من العناصر المغذية الضرورية للنبات)، والحديد، والمنجنيز؛ الأمر الذى يحد من قدرة النباتات على النمو فى تلك الأراضى. ويصبح تركيز الألومنيوم والعناصر الأخرى ساماً للنباتات فى pH من ٣,٥ إلى ٤,٥.

ومن البديهي أن هذه المشكلة لا توجد فى أراضى المناطق الجافة وشبه الجافة التى يرتفع فيها رقم pH التربة كثيراً عن نقطة التعادل؛ الأمر الذى يؤدى إلى تثبيت؛ ومن ثم .. ظهور مشكلة أخرى هى نقص بعض العناصر المغذية، والتى من أهمها: الحديد، والزنك، والمنجنيز.

ويتعين تحديد المشكلة جيداً قبل بدء برنامج التربية لعرف — بدقة — أترجع إلى مجرد انخفاض pH التربة، أم إلى زيادة عنصر أو عناصر معينة فيها، أم إلى التفاعل بين اثنين أو أكثر من تلك العوامل؛ .. ويعد ذلك ضرورياً ليتمكن توفير الظروف المناسبة التى تجرى فيها اختبارات التقييم.

ومن المصادر المبكرة الهامة التى يمكن الرجوع إليها — للتعلم فى موضوعات هذا الفصل وكذلك الفصل التالى — كل من Epstein (١٩٧٢)، و Wright (١٩٧٦)، و Devine (١٩٨٢)، و Gabelman وآخرين (١٩٨٦).

نشأة وتوزيع الأراضى الحامضية ومشاكل الزراعة فيها

نشأة الأراضى الحامضية

تنشأ الأراضى الحامضية جراء تعرضها المستمر لعوامل التجوية لملايين السنين،

وخاصة الأمطار. ومع تسرب مياه الأمطار إلى أسفل فإنها تذيب معها العناصر الغذائية القابلة للذوبان، مثل كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم من الطبقات السطحية من التربة. وتدرجياً.. تحل كاتيونات الألومنيوم والمنجنيز والأيدروجين (وهي الكاتيونات التي تسود في الأراضي الحامضية) على مواقع الإدمصاص التي أفرغت من الكاتيونات التي كانت عليها (Rao وآخرون ١٩٩٣).

وتصبح التربة المعدنية حامضية إما لأن المعادن التي نشأت منها التربة فقيرة بطبيعتها في الكاتيونات الأساسية (Ca^{2+} ، و Mg^{2+} ، و K^{+} ، و Na^{+})، وإما لأن تلك العناصر قد تسربت بالغسيل (مع ماء المطر) من التربة، وحل محلها الأيدروجين H^{+} كما أسلفنا. ومن العوامل الأخرى التي تزيد من حموضة التربة التسميد بالأسمونيوم (بسبب عملية النترية nitrification التي تصاحبه)، والأمطار الحامضية التي تحتوى على حامضى النتريك والكبريتيك التي تسقط في مناطق كثيرة من العالم (Samac & Tesfaye ٢٠٠٣).

توزيع ومساحة الأراضي الحامضية فى العالم

تقع الأراضي الحامضية فى حزامين بالكرة الأرضية: حزام شمالى ذات جو بارد وممطر، وحزام جنوبى استوائى ذات جو دافئ وممطر كذلك. ومعظم الأراضي الحامضية هى أراضي غابات (٦٦,٣٪ أو حوالى ٢٦٢٩ مليون هكتار)، بينما توجد حوالى ١٧,٧ ٪ (٦٩٩ مليون هكتار) منها كأراضي سافانا وبراى وسهول. وتبلغ مساحة الأراضي الحامضية المزروعة بالمحاصيل الزراعية ٢١٢ مليون هكتار (أو حوالى ٥٠٤ مليون فدان) (عن Hede وآخرين ٢٠٠١). هذا.. وتشكل الأراضي الحامضية حوالى ٣٠٪ من مساحة اليابسة بالكرة الأرضية، ويقدر أن أكثر من ٥٠٪ من مساحة الأراضي المنزرعة هى أراضٍ حامضية، كما توجد ٦٠٪ من تلك المساحة فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية (Zheng ٢٠١٠).

مشاكل الزراعة فى الأراضي الحامضية

يؤدى انخفاض pH التربة فى الأراضي المعدنية إلى سرعة تيسر ما يتواجد فيها من

الفصل الثاني عشر: تحمل سمية الألومنيوم والحديد والمنجنيز في الأراضي الحامضية

الألومنيوم؛ مما يؤدي إلى تنظيم الـ pH عند حوالي ٤,٠. وبالمقارنة .. فإن الأراضي العضوية لا يحدث فيها مثل هذا التنظيم بالألومنيوم (لعدم وفرته فيها)، ويمكن أن ينخفض فيها الـ pH عن ٤,٠.

يتوفر الألومنيوم الذي ينطلق من الأراضي المعدنية الحامضية في ثلاث صور، هي: $Al(OH)_2^+$ ، و $Al(OH)^{2+}$ ، و $Al(H_2O)^{3+}$ ، ويرمز للصورة الأخيرة — عادة — بـ Al^{3+} . ومع غالبية المحاصيل الزراعية يؤدي تواجد الألومنيوم بتركيزات ميكرومولية إلى سرعة تثبيط النمو الجذري. وبينما تكون الصورة Al^{3+} أكثر الصور سمية للقمح، فإن الصورتين $Al(OH)_2^+$ و $Al(OH)^{2+}$ تعدان أكثر سمية بالنسبة لذوات الفلقتين.

تعد الصورة الأيونية للألومنيوم هي السامة للنباتات؛ فهي تثبط استطالة الجذور بإتلافها لتركيب خلايا القمة النامية الجذرية؛ ومن ثم فهي تؤثر في امتصاص الجذور للماء والعناصر؛ مما يؤثر سلباً — بشدة — على نمو وتطور النباتات. كذلك يثبط الفوسفور بسهولة بمعادن التربة التي تكثر في الأراضي الحامضية، بما في ذلك أكاسيد الحديد والكاولينيت kaolinite؛ ومن ثم يصبح غير ميسر لامتصاص الجذور. يتبين مما تقدم بيانه أن سمية الألومنيوم والمنجنيز والحديد ونقص الفوسفور هي أهم العوامل التي تحد من النمو النباتي في الأراضي الحامضية.

وفي بعض الأراضي المعدنية الحامضية تكون سمية المنجنيز أكثر أهمية عن سمية الألومنيوم في الحد من إنتاجية المحاصيل الزراعية. كذلك تعاني النباتات في الأراضي الحامضية من نقص عناصر الفوسفور والنيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم. كما تشكل الأراضي الحامضية مشكلة إضافية بالنسبة للبقوليات بسبب حساسية بكتيريا الرايزوبيم الجذرية للحموضة. وبينما يسود أيون الأيدروجين في الأراضي العضوية الحامضية، فإنه لا يعرف على وجه الدقة كيفية تعامل النباتات مع التراكيزات العالية منه. ويبدو أن تحمل أيونا الألومنيوم والأيدروجين يتحكم فيه آليات مختلفة (Samac & Tesfaye ٢٠٠٣).

وتؤدى إضافة مواد قلوية للتربة الحامضية مثل الجير (كربونات الكالسيوم أساساً) إلى رفع pH التربة؛ مما يلغى سمية الألومنيوم، كما يؤدى التسميد بالفوسفور إلى توفيره دونما تثبيت. هذا إلا أن للتربة قدرة تنظيمية هائلة؛ مما يحد من تأثير أية إضافات للتربة ويجعلها غير مستدامة. كذلك فإن تأثير الإضافات لا يصل إلى الطبقة تحت السطحية من التربة التى تنمو إليها الجذور المتعمقة (Zheng ٢٠١٠).

ولقد وجد أن للتسميد العضوى الجيد تأثير مؤقت فى تخفيف حدة التسمم بالألومنيوم؛ ذلك لأن الدبال والأحماض العضوية تكوّن معقدات مع الألومنيوم فى المحلول الأرضى؛ مما يفقده سميته. كما أن التسميد العضوى يحدث ارتفاعاً مؤقتاً فى pH التربة؛ بسبب تكوين الأحماض العضوية لمعقدات مع البروتونات protons واستهلاك تلك البروتونات فى عملية الـ decarboxylation للأحماض العضوية (Samac & Tesfaye ٢٠٠٣).

آليات سمية الألومنيوم

يمكن إيجاز آليات سمية الألومنيوم للنباتات فيما يلى:

- ١- عند انخفاض pH التربة إلى أقل من ٥,٠ يصبح الألومنيوم ذائباً فى محلول التربة ومتواجداً فى صورة أيونية.
- ٢- فى خلال دقائق يؤثر الألومنيوم بتثبيط النمو الجذرى والإضرار به؛ مما يحد من امتصاص الماء والعناصر.
- ٣- يبدأ هذا التأثير بمنع الألومنيوم لزيادة خلايا الجذر فى الحجم ومنع استطالتها، ويلى ذلك منع انقسامها كذلك.
- ٤- تكون القمة النامية الجذرية هى الموقع الذى تحدث فيه سمية الألومنيوم.
- ٥- يحدث تأثير الألومنيوم فى كل من الجذر الخلوية، والأغشية البروتوبلازمية والسييتوبلازمية والنواة.
- ٦- على الرغم من تواجد معظم الألومنيوم فى الجذر الخلوية، فإن جانباً صغيراً منه سريعاً ما يصل إلى السييتوبلازم ويتفاعل مع مواقع معينة منه.